



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家理科基地教材

数学核心教程系列 / 柴俊 主编

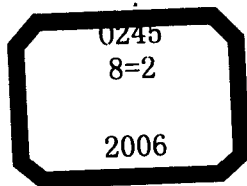
数学专业 **50**
学时课程

数学实验教程

(Matlab 版)

万福永 戴浩晖 潘建瑜 编著

 科学出版社
www.sciencepress.com



十一五 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家理科基地教材
数学核心教程系列/柴俊主编

数学实验教程

(Matlab 版)

万福永 戴浩晖 潘建瑜 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是《数学实验教程》(科学出版社, 2003) 的平行版本, 系统全面地介绍了几个数学软件及其在数学实验中的应用. 全书分为软件篇、实验篇和附录篇三个部分. 软件篇简要介绍了 Matlab 基本知识和用法; 实验篇介绍了 10 个典型的数学实验; 附录篇主要介绍了 Maple 软件基本用法. 本书将数学实验内容和数学软件紧密结合, 使读者在理解数学问题的基础上结合上机实验, 达到理论和实践的统一.

本书可作为高等院校数学系各专业本科生教材或教师参考用书, 也可供从事相关数学计算和应用专业的工程技术人员参考.

图书在版编目(CIP)数据

数学实验教程: Matlab 版/万福永等编著. —北京: 科学出版社, 2006
(国家理科基地教材·数学核心教程系列/柴俊主编: 普通高等教育“十一
五”国家级规划教材)

ISBN 7-03-017654-5

I. 数… II. 万… III. 数学-应用软件, MATLAB-高等学校-教材 IV. O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 079399 号

责任编辑: 姚莉丽 / 责任校对: 宋玲玲

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

丽 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 11 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006 年 11 月第一次印刷 印张: 15

印数: 1—4 000 字数: 284 000

定价: 22.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈明辉〉)

前 言

本教材是“国家理科基地教材·数学核心教程系列”教材之一——《数学实验教程》(科学出版社, 2003 年 10 月)的平行版本, 主要差别是:(1) 将用作数学实验的软件由以 Mathematica 为主改为以 Matlab 为主;(2) 保留并完善了原先的 7 个数学实验, 置换了 3 个数学实验. 作这些修改的目的在于: ①大量的后继课程(例如:“数学建模”、“现代图像处理”等)包含 Matlab 内容, 为使教学过程更加连贯、高效, 要求在“数学实验”的学习中, 使学生能够系统、全面地学习 Matlab 软件; ②教材也要与时俱进, 在内容方面要体现时代特征. 本教材中的“数据的统计分析”、“网站排名问题”等内容的添加, 就是在这方面作的努力和尝试.

本教材系统全面地介绍了几个数学软件及其在数学实验中的应用. 全书分为软件篇、实验篇和附录篇三个部分, 软件篇简要介绍了 Matlab 基本知识和用法; 实验篇介绍了 10 个典型的数学实验; 附录篇主要介绍了 Maple 软件基本用法.

考虑到在数学实验中如何使用数学软件的问题, 本教材在每个实验的开始列出了相关的 Matlab 函数, 并给出了简要的说明, 这可能与软件篇中的内容有少量重复, 但对于理解和实现实验中的程序是非常有益的, 特此说明.

在本教材 (Matlab 版) 的编写过程中, 得到了 2005 年度华东师范大学大学生科研基金——“数学实验案例分析与 Matlab 的实现”项目的支持, 来自 2003 级的郑圣洁、陈继国、刘娜、章华彦等四位同学为本教材进行了若干程序的设计、实现与调试. 另外, 在本教材 (Mathematica 版) 的编写过程中, 也曾经得到 2000 年度华东师范大学大学生科研基金——“数学实验的设计与实现”项目的支持, 该科研小组的 1998 级的陈怡、张齐、吴栋、岳文权、张力蔚等五位同学为本教材提供了若干数学实验的案例. 另外, 1998 级的范黎斌、2000 级的赵喆同学也分别提供了一个数学实验案例, 赵喆同学还在一些程序的完善方面提出了良好的建议并给予了积极的帮助, 在此一并对他们的工作表示感谢.

通过教学, 我们已经积累了若干教学素材, 包括介绍 Matlab 的 16 个 ppt 文件, 讲解各个数学实验的 10 个 ppt 文件, 以及部分练习题的参考解答等. 读者可通过有关网站获取, 或联系有关作者获得. 相信这些教学资料对您的学习或教学会有一定的帮助作用.

不可避免的是, 教材的编写中难免有不妥或疏漏之处, 甚至还有一些错误. 所以在这些教学资料中, 还包含了内容勘误方面的文件, 上传服务器的时间与实际发

现时间基本同步, 您可以随时下载修正. 与此同时, 也欢迎您随时提供有关勘误、修改方面的信息, 我们会认真采纳, 及时发布到有关网站.

作者联系方法:

万福永: fywan@math.ecnu.edu.cn

戴浩晖: hhdai@math.ecnu.edu.cn

潘建瑜: jypan@math.ecnu.edu.cn

相关资料下载网址:

<http://math.ecnu.edu.cn/download/sxsyecnu.zip> (注意: for Mathematica 版)

<http://math.ecnu.edu.cn/download/sxsyecnu2.zip> (注意: for Matlab 版)

作 者

2006 年 6 月

目 录

软 件 篇

概述	3
Matlab 用法简介	5
绪言	5
1 Matlab 的安装及使用	5
2 向量与矩阵运算	12
3 矩阵的基本运算	15
4 Matlab 中的图形	24
5 Matlab 编程	38
6 Matlab 符号运算	48
综合练习	53

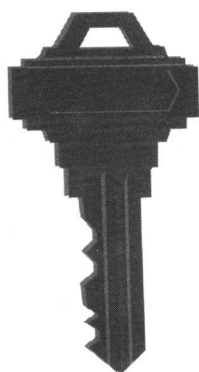
实 验 篇

概述	59
实验一 特殊函数与图形	61
实验二 定积分的近似计算	70
实验三 求代数方程的近似根(解)	79
实验四 求微分方程的解	91
实验五 数据的统计分析	101
实验六 古典密码与破译	117
实验七 数字填图问题	129
实验八 概率与频率	143
实验九 网站排名问题	151
实验十 遗传算法与优化问题	169

附 录 篇

附录 A Maple 用法简介	187
绪言	187

1 Maple 的基本概念、命令与函数	187
2 Maple 的线性代数	212
3 Maple 的编程语言	217
4 Maple 作图	224
附录 B 数学实验报告	229



软件篇

概 述

数学软件是许多数学工作者经常提到的话题之一,人们将它用于进行科学计算和数学实验.目前既有专门介绍数学软件的多种书籍,更有若干专门介绍数学实验的教材.这些书籍或教材的一个共同特点是,它们都非常专业化,一般读者看起来十分吃力.还有一点就是用于数学实验的数学软件五花八门,读者往往花费许多时间仍然不得要领.能有一本相对集中的教材将两者结合起来,应该说有一定难度.本教材的目的之一就是作这方面的尝试.本教材的软件篇和附录篇主要介绍数学软件,而在实验篇则主要介绍数学实验.

众所周知,到目前为止,数学软件大概有如下几类:

- (1) 公共的基础软件: BASIC, FORTRAN, Turbo C, Turbo Pascal 等;
- (2) 矩阵实验室系统: Matlab, Scilab, Octave 等;
- (3) 计算机代数系统: Mathematica, Maple 等;
- (4) 交互式数学系统: MathCAD, Calcwin 等.

在软件篇里介绍的 Matlab 6.5 软件以及在附录篇里介绍的 Maple v4 等软件有许多共性.在一定意义下,它们是一致的.比如:

(1) 都可以完成数学专业领域中数值运算和解析(符号)运算.数值运算的含义不言而喻,这是几乎所有计算机软件的看家本领,Matlab 当然具有;

(2) 都可以进行符号运算(或称为解析运算).符号运算的意义是:用户只要在计算机上输入相关的公式、符号和等式等,就能很容易地算出代数、积分、三角以及很多科技领域中复杂表达式的值;

(3) 显示数学表格和图形,使用户通过对图形结果的分析加深对有关问题的理解.

当然不能因此而否定它们各自的重要性.事实上,它们各有千秋,各有各的侧重点.比如,Mathematica 的数值运算和解析(符号)运算可以非常精确;MathCAD 7.0 专业版是可视化数学运算工具,用户输入的公式看上去就和黑板上或在参考书上所见到的一模一样;Matlab 主要用于数值计算,计算速度十分快捷;Maple 与 Mathematica 十分类似,在符号运算方面更有利一些.

本教材在每个数学实验章节的最后,列出了本数学实验的主要参考程序,它们大都是利用 Matlab 软件编写的,这是本教材的特色之一.也有利用 Turbo C、Mathematica 等软件编写的程序,目的是通过比较,展示其他软件的特长.比如:用 Turbo C 编写解决数学问题的程序,会显得原始而艰苦,但其运行时间之短,也会令

人叹服. 读者可以在“数字填图问题”这个数学实验中充分地体会到这一点.

由于时间及水平所限, 本教材的编写不很全面, 以后将进一步加以改进. 要说明的是: 附录篇中 Maple 部分的内容由陈志杰教授提供; 上海交通大学的彭勃老师也提供了若干素材. 在此一并表示感谢.

Matlab 用法简介

绪 言

Matlab 是 “Matrix Laboratory” 的缩写, 意为 “矩阵实验室”, 是当今美国很流行的科学计算软件. 信息技术、计算机技术发展到今天, 科学计算在各个领域得到了广泛的应用. 在许多方面诸如控制论、时间序列分析、系统仿真、图像信号处理等产生了大量的矩阵及其相应的计算问题. 自己去编写大量的繁复的计算程序, 不仅会消耗大量的时间和精力, 减缓工作进程, 而且往往质量不高. 美国 MATHWORK 软件公司推出的 Matlab 软件就是为了给人们提供一个方便的数值计算平台而设计的.

Matlab 是一个交互式的系统, 它的基本运算单元是不需指定维数的矩阵, 按照 IEEE 的数值计算标准 (能正确处理无穷数 Inf(Infinity)、无定义数 NaN(not-a-number) 及其运算) 进行计算. 系统提供了大量的矩阵及其他运算函数, 可以方便地进行一些很复杂的计算, 而且运算效率极高. Matlab 命令和数学中的符号、公式非常接近, 可读性强, 容易掌握, 还可利用它所提供的编程语言进行编程完成特定的工作. 除基本部分外, Matlab 还根据各专门领域中的特殊需要提供了许多可选的工具箱, 如应用于自动控制领域的 Control System 工具箱和神经网络中的 Neural Network 工具箱等.

1 Matlab 的安装及使用

1.1 Matlab 的安装

Matlab 有各种版本, 早期有 Matlab 1.0 for 386 的 DOS 版本, 后来逐步发展. 这里介绍的版本是 Matlab 6.x for Windows. 因为它使用方便, 界面美观, 我们选择它作为主要讲解版本. Matlab 还有许多附加的部分, 最常见的部分称为 Simulink, 是一个用作系统仿真的软件包, 它可以让您定义各种部件, 定义各自对某种信号的反应方式及与其他部件的连接方式. 最后选择输入信号, 系统会仿真运行整个模拟系统, 并给出统计数据. Simulink 有时是作为 Matlab 的一部分提供的, 称为 Matlab with Simulink 版本. Matlab 还有许多工具箱, 它们是根据各个特殊领域的需要, 用 Matlab 自身的语言编写的程序集, 使用起来非常方便. 用户可以视工作性质和需要购买相应的工具箱. 常见的工具箱有:

Signal Process	信号处理	System Identification	系统辨识
Optimization	优化	Neural Network	神经网络
Control System	自动控制	Spline	样条
Symbolic Math	符号代数	Image Process	图像处理
Nonlinear Control	非线性控制	Statistics	统计

1.2 Matlab 基本用法

从 Windows 中双击 Matlab 图标, 会出现 Matlab 命令窗口 (Command Window), 在一段提示信息后, 出现系统提示符 “>>”. Matlab 是一个交互系统, 在提示符后键入各种命令, 通过上下箭头可以调出以前打入的命令, 用滚动条可以查看以前的命令及其输出信息.

如果一条命令的用法有疑问, 可以用 Help 菜单中的相应选项查询有关信息, 也可以用 help 命令在命令行上查询, 您可以试一下 help、help help 和 help eig(求特征值的函数) 命令.

下面我们先从输入简单的矩阵开始掌握 Matlab 的功能.

1.2.1 输入简单的矩阵

输入一个小矩阵的最简单方法是用直接排列的形式. 矩阵用方括号括起来, 元素之间用空格或逗号分隔, 矩阵行与行之间用分号分开. 例如输入:

```
A = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 0]
```

系统会回答

```
A =
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     0
```

表示系统已经接收并处理了命令, 在当前工作区内建立了矩阵 A.

大的矩阵可以分行输入, 用回车键代替分号, 如:

```
A = [ 1 2 3
      4 5 6
      7 8 0 ]
```

结果和上式一样, 也是

```
A =
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     0
```

1.2.2 矩阵元素

Matlab 的矩阵元素可以是任何数值表达式. 如:

```
x = [ -1.3 sqrt(3) (1+2+3)*4/5 ]
```

结果:

```
x =  
-1.3000 1.7321 4.8000
```

在括号中加注下标, 可取出单独的矩阵元素. 如:

```
x(5) = abs(x(1))
```

结果:

```
x =  
-1.3000 1.7321 4.8000 0 1.3000
```

注 结果中自动产生了向量的第 5 个元素, 中间未定义的元素自动初始为零. 大的矩阵可把小的矩阵作为其元素来完成, 如:

```
A = [A; [10 11 12]]
```

结果:

```
A =  
1 2 3  
4 5 6  
7 8 0  
10 11 12
```

小矩阵可用“:”从大矩阵中抽取出来, 如:

```
A = A(1:3,:);
```

即从 A 中取前三行和所有的列, 重新组成原来的 A (详细介绍参见第 2 节的相关内容).

1.2.3 语句和变量

Matlab 的表述语句、变量的类型说明由 Matlab 系统解释和判断. Matlab 语句通常形式为

变量 = 表达式

或者使用其简单形式为

表达式

表达式由操作符或其他特殊字符、函数和变量名组成. 表达式的结果为一个矩阵, 显示在屏幕上, 同时保存在变量中以留用. 如果变量名和“=”省略, 则具有 ans 名 (意思指回答) 的变量将自动建立. 例如:

键入 1900/81

结果为

```
ans =
    23.4568
```

需注意的问题有以下几点:

- 语句结束键入回车键, 若语句的最后一个字符是分号, 即 “;”, 则表明不输出当前命令的结果。
- 如果表达式很长, 一行放不下, 可以键入 “...” (三个点, 但前面必须有个空格, 目的是避免将形如 “数 2...” 理解为 “数 2.” 与 “..” 的连接, 从而导致错误), 然后回车。
- 变量和函数名由字母加数字组成, 但最多不能超过 63 个字符, 否则系统只承认前 63 个字符。
- Matlab 变量字母区分大小写, 如 A 和 a 不是同一个变量, 函数名一般使用小写字母, 如 $\text{inv}(A)$ 不能写成 $\text{INV}(A)$, 否则系统认为未定义函数。

1.2.4 who 和系统预定义变量

输入 who 命令可检查工作空间中建立的变量, 键入

```
who
```

系统输出为

```
Your variables are:
A  ans  x
```

这里表明三个变量已由前面的例子产生了。

但列表中列出的并不是系统全部的变量, 系统还有以下内部变量:

eps、pi、Inf、NaN

变量 eps 在决定诸如矩阵的奇异性时, 可作为一个容许差, 容许差的初值为 1.0 到 1.0 以后计算机所能表示的下一个最大浮点数, IEEE 在各种计算机、工作站和个人计算机上使用这个算法。用户可将此值置为任何其他值 (包括 0 值)。Matlab 的内部函数 pinc 和 rank 以 eps 为缺省的容许差。

变量 pi 是 π , 它是用 $\text{imag}(\log(-1))$ 建立的。

Inf 表示无穷大。如果您想计算 $1/0$

```
S=1/0
```

结果会是

```
Warning: Divide by zero
S=Inf
```

具有 IEEE 规则的机器, 被零除后, 并不引出出错条件或终止程序的运行, 而产生一个警告信息和一个特殊值在计算方程中列出来。

变量 NaN 表示它是个不定值, 由 Inf/Inf 或 0/0 运算产生。

要了解当前变量的信息请键入 whos, 屏幕将显示:

Name	Size	Bytes	Class
A	4×3	96	double array
S	1×1	8	double array
ans	1×1	8	double array
x	1×5	40	double array

Grand total is 19 elements using 152 bytes

从 Size 及 Bytes 项目可以看出, 每一个矩阵实元素需 8 个字节的内存. 4×3 的矩阵使用 96 个字节, 全部变量的使用内存总数为 152 个字节. 自由空间的大小决定了系统变量的多少, 如计算机上有虚拟内存的话, 其可定义的变量个数会大大增加.

1.2.5 数和算术表达式

Matlab 中数的表示方法和一般的编程语言没有区别. 如:

```
3          -99          0.0001
9.63972    1.6021E-20    6.02252e23
```

在计算中使用 IEEE 浮点算法其舍入误差是 eps. 浮点数表示范围是 $10^{-308} \sim 10^{308}$.

数学运算符有:

+	加
-	减
*	乘
/	右除
\	左除
^	幂

这里 $1/4$ 和 $4 \backslash 1$ 有相同的值, 都等于 0.25(注意比较: $1 \backslash 4 = 4$). 只有在矩阵的除法时左除和右除才有区别.

1.2.6 复数与矩阵

在 Matlab 中输入复数首先应该建立复数单位:

$i = \text{sqrt}(-1)$ 及 $j = \text{sqrt}(-1)$

之后复数可由下面语句给出:

$Z = 3 + 4i$ (注意: 在 4 与 i 之间不要留有任何空间!)

输入复数矩阵有两个方便的方法, 如:

$A = [1 \ 2; 3 \ 4] + i * [5 \ 6; 7 \ 8]$

和

$$A = [1 + 5i \quad 2 + 6i; \quad 3 + 7i \quad 4 + 8i]$$

两式具有相等的结果。但当复数作为矩阵的元素输入时，不要留有任何空间，如 $1+5i$ ，如在“+”号左右留有空格，就会被认为是两个分开的数。

不过实际使用复数时并没有这么麻烦，系统有一个名为 startup.m 的 Matlab 命令文件，建立复数单位的语句也放在其中。当 Matlab 启动时，此文件自动执行， i 和 j 将自动建立。

1.2.7 输出格式

任何 Matlab 语句执行结果都可在屏幕上显示，同时赋给指定的变量，没有指定变量时赋给 ans。数字显示格式可由 format 命令来控制 (Windows 系统下的 Matlab 系统的数字显示格式可以由 File 菜单中的 Preferences 菜单改变)。format 仅影响矩阵的显示，不影响矩阵的计算与存储 (Matlab 以双精度执行所有的运算)。

首先，如果矩阵元素是整数，则矩阵显示就没有小数，如 $x = [-1 \ 0 \ 1]$ 结果为

$$x =$$

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \end{matrix}$$

如果矩阵元素不是整数，则输出形式有 (用命令：format 格式进行切换)

格 式	中文解释	· 说 明
format	短格式 (缺省格式)	Default. Same as SHORT
format short	短格式 (缺省格式)	Scaled fixed point format with 5 digits (只显示五位十进制数)
format long	长格式	Scaled fixed point format with 15 digits
format short e	短格式 e 方式	Floating point format with 5 digits
format long e	长格式 e 方式	Floating point format with 15 digits
format short g	短格式 g 方式	Best of fixed or floating point format with 5 digits
format long g	长格式 g 方式	Best of fixed or floating point format with 15 digits
format hex	16 进制格式	Hexadecimal format
format +	+ 格式	The symbols +, - and blank are printed for positive, negative and zero elements. Imaginary parts are ignored
format bank	银行格式	Fixed format for dollars and cents
format rat	有理数格式	Approximation by ratio of small integers
format compact	压缩格式	Suppress extra line-feeds
format loose	自由格式	Puts the extra line-feeds back in

例如：

$$x = [4/3 \quad 1.2345e - 6]$$

在不同的输出格式下的结果为